

# Tageslicht über Lichtwellenleiter: Stand der Technik

Stefanie Gabel, Hans Poisel  
POF-AC / Fachhochschule Nürnberg  
Wassertorstrasse 10, 90489 Nürnberg  
0911 5880 1070  
hans.poisel@fh-nuernberg.de  
www.pofac.de

## Einführung

Die direkte Nutzung von Tageslicht zur Beleuchtung von innenliegenden Räumen ist wegen der vielen Vorteile seit geraumer Zeit von Untersuchungen und Entwicklungen. Um Licht auch in die Tiefe eines Raumes zu führen, kann es z.B. über Jalousien an die Decke des Raumes abgelenkt und somit eine größere natürliche Ausleuchtung erzielt werden. Neben diesen Tageslicht Systemen gibt es auch noch andere, die das Tageslicht bündeln und über Hohllichtleiter, dielektrische Leiter oder reflektierende Metallfolien in einen Raum führen. Obwohl die Installation solcher Systeme im Vergleich zu den oben genannten Ablenksystemen wesentlich aufwändiger ist, liegt ihr großer Vorteil darin, dass sie auch fensterlose und tiefere Räume mit Tageslicht versorgen können und zudem eine flexible Beleuchtung erlauben. Dieser Beitrag beschäftigt sich mit der Erfassung und Bewertung des Stands der Technik im Bereich der mit Lichtwellenleitern arbeitenden Tageslichtsysteme um mögliche Ansätze für zukünftige Systeme zu finden. Er ist daher in Teilen eine aktualisierte Version eines Berichts der innerhalb eines EU-Projekts<sup>1</sup> verfasst wurde.

---

1

[http://cordis.europa.eu/data/MSS\\_PROJ\\_FP5\\_EL/ACTIONeqDndSESSIONeq26099200595ndDOCeq1ndTBLeqEN\\_PROJ.htm](http://cordis.europa.eu/data/MSS_PROJ_FP5_EL/ACTIONeqDndSESSIONeq26099200595ndDOCeq1ndTBLeqEN_PROJ.htm)

## **Einteilung Tageslichtsysteme**

Tageslicht-lenkende Systeme lassen sich im Wesentlichen in zwei Gruppen unterscheiden. Die eine Gruppe, wegen des Fehlens einer Sonnen-Nachführung hier passive Systeme genannt, arbeitet hauptsächlich mit diffusem Sonnenlicht. Das ungebündelte Licht trifft durch eine optisch transparente Kuppel auf ein Hohllichtleitersystem und wird durch reflektierende Leitung an den gewünschten Ort gebracht.

Sollen zur Lichtleitung dielektrische Leiter (z.B. optische Fasern) verwendet werden so muss das Licht vor der Einkopplung sinnvollerweise konzentriert werden. Die Konzentration des Sonnenlichts erfordert immer eine mechanische Nachführung des Systems zur Sonne. Diese Kombination aus konzentrierender Optik und mechanische Nachführung zeichnet die zweite Gruppe, die der aktiven Tageslichtsysteme aus. Durch die meist erforderliche genaue Nachführung kann nur der direkte Anteil des Tageslichts ausgenutzt werden. Dieser Beitrag beschäftigt sich in weiteren Betrachtungen nur mit nachgeführten, aktiven Systemen.

## **Stand der Technik**

### **a) Tageslichtsysteme**

Im Bereich der aktiven Tageslichtstechnik gibt es nach unserem Kenntnisstand aktuell sechs nennenswerte Systeme. Zwei davon wurden im Rahmen von EU-Forschungsprojekten entwickelt, sind allerdings bis heute nicht kommerziell umgesetzt. Die anderen drei Systeme, Himawari (Japan), Parans (Schweden) und Hybrid Solar Lighting System (USA) sind auf dem Markt eingeführt, bzw. stehen kurz davor. Die Systeme werden vorgestellt und nach mehreren Gesichtspunkten bewertet.

Das sechste System (Solux) ist vergleichbar dem im EU-Projekt UFO entwickeltem System. Für uns war nicht unterscheidbar, ob die beiden Lösungen identisch sind oder nur zeitgleich parallel und unabhängig voneinander entwickelt. Die folgende Tabelle bewertet die Systeme nach ausgewählten Kriterien, die uns für einen wirtschaftlichen Erfolg wesentlich erschienen.

	ARTHELIO <sup>2</sup>	SPECTRUM <sup>3</sup>	Solux <sup>4</sup>	Himawari <sup>5</sup>	Parans <sup>6</sup>	HSL <sup>7</sup>
Platzbedarf	-	-	-	-	+	-
Übertragungslänge	+	+	-	-	-	-
Ausleuchtungsfläche	+	?	-	+	-	+
modularer Aufbau	-	+	-	+	-	-
Kosten	keine Angaben	keine Angaben	+	-	-	+*

\*Zielpreis

## b) Lichteinkopplung für Photovoltaik-(PV)-Systeme

In den vergangenen Jahren war bei PV-Systemen vermehrt der Trend zu konzentrierenden Systemen feststellbar um teures Silizium zu sparen. Wegen der Ähnlichkeit im Bereich der mechanischen Nachführung und der konzentrierenden Optik mit den Tageslichtsystemen werden zur Erfassung des Stands der Technik auch Lichteinkopplungen für PV-Anlagen vorgestellt. Es werden verschiedene Nachführungen von PV-Systemen und Optiken zur Einkopplung vorgestellt. In Deutschland wird aktuell das Flatcon-System von Concentrix Solar entwickelt [1] (Abb.1). Weitere Beispiele sind in Abb. 2 und Abb. 3 gezeigt. Diese Optiken sind i.W. modular aufgebaut, unterscheiden sich jedoch in der Anordnung und Nachführbarkeit der einzelnen Module, die aus Fresnellinse und Photodiode bestehen.



Abb.2 Pyron [1]



Abb.3 Sol3G [1]

<sup>2</sup> Arthelio <http://www.tuilmenau.de/fakmb/fileadmin/template/fqgt/publikationen/2001/LuxJun2001.pdf>

<sup>3</sup> Spectrum SPECT01PT017PM290800PG054

<sup>4</sup> Solux i.W. identisch mit dem Demonstrator des EU-Projekts "UFO" Optimierte Flüssigkeitslichtleiter zum Transport von hochkonzentriertem Sonnenlicht – Abschlussbericht (BSR Solar Technologies GmbH, Oktober 2002)

<sup>5</sup> Himawari [http://www.himawari-net.co.jp/e\\_page-index01.html](http://www.himawari-net.co.jp/e_page-index01.html)

<sup>6</sup> Parans <http://www.parans.com/Technical%20Information.pdf>

<sup>6</sup> HSL <http://www.ornl.gov/sci/solar/techoverview.htm>

## **Anforderungen an ein Tageslichtsystem aus dem Stand der Technik:**

Nach dem Studium der uns zur Verfügung stehenden Literatur erscheinen uns folgende Anforderungen an ein Lichtleiter-gestütztes Tageslichtsystem als wichtig:

- **Festforderungen:**
  - Geringer Platzbedarf
  - Keine spektralen Einflüsse
  - Modularer Aufbau
  - Stoß- und Vibrationsfest
- **Mindestanforderungen**
  - Übertragungslänge > 10 m
  - Lichteinkopplung  $\geq 8$  h
- **Wünsche**
  - Geringer Montageaufwand
  - Geringer Fertigungsaufwand
  - Geringer Wartungsaufwand
  - Geringe Wärmeentwicklung

## **Untersuchungen**

Das komplette System lässt sich dabei in drei Funktionseinheiten unterteilen  
Lichteinkopplung incl. Nachführung, Lichtführung und Lichtverteilung.

## **Lichteinkopplung**

Zur Lichteinkopplung in einen Lichtwellenleiter können verschiedenen konzentrierende Optiken verwendet werden.

Dies sind zum einen Linsen (oder Parabolspiegel), meist der Größe und des Gewichts wegen als Fresnellinsen (auch nicht-abbildende) ausgeführt:

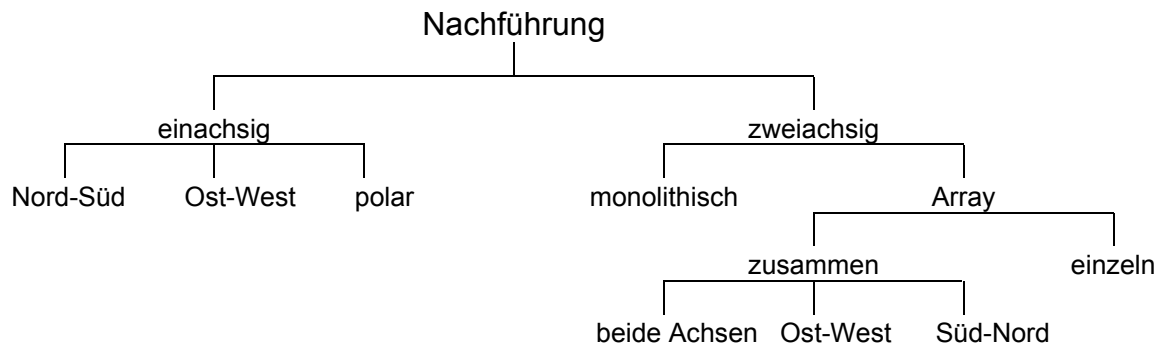
- **Vorteil:** Durch die Entkopplung von Linse und Faser können nahezu beliebig große Linsendurchmesser auf eine Faserstirnfläche konzentriert werden.
- **Nachteil:** Brennpunktverschiebung bei Änderung des Einfallwinkels der Strahlen zur Linse – gute Nachführung nötig

Zum andern werden nicht-abbildende Konzentratoren eingesetzt wie z.B. Compound Parabolic Concentrators (CPC) oder verwandte Formen, im Folgenden kurz: Taper genannt

- **Vorteil:** Solange Strahlen im Akzeptanzbereich des Tapers auftreffen wird nahezu alles in die Faser eingekoppelt.
-

- **Nachteil:** Verhältnis zwischen Eintrittsfläche und Austrittsfläche darf nicht beliebig groß sein da sonst nur schwer fertigbar.

Tageslichtsysteme können sowohl einachsig als auch zweiachsig der Sonne nachgeführt werden. Jede Nachführungsart lässt sich nochmals in Untergruppen unterteilen



## Lichtleitung

Für die Lichtleitung kommen hauptsächlich drei Kandidaten in Frage, mit denen sich auch die notwendigen großen Querschnitte realisieren lassen.:

- Hohlleiter, d.h. Rohre mit reflektierender Innenbeschichtung
- Festkörper-Lichtleiter, d.h. Fasern aus Glas oder Kunststoff
- Flüssigkeitslichtleiter

## Fazit

Nach unserem aktuellen Kenntnisstand erscheint eine 2-achsige Nachführung als unumgänglich. Jedoch sollten statt einer großen Einheit mehrere kleine modulare Einheiten, möglicherweise zu Gruppen zusammengefasst, eingesetzt werden. Das Licht eines Moduls wird in eine flexible Einzelfaser gekoppelt, die Fasern der Gruppe zu einem Bündel gefasst und für lange Strecken in ein lichtleitendes Rohrsystem eingespeist und dort mit schon bekannten Techniken verteilt.

Es ist geplant, einen entsprechenden Demonstrator aufzubauen

## Literatur

- [1] HIGH-CONCENTRATION PV USING III-V SOLAR CELLS, A.W. Bett et al., 4th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, May 7- 12, 2006, Hawaii